

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05241324
PUBLICATION DATE : 21-09-93

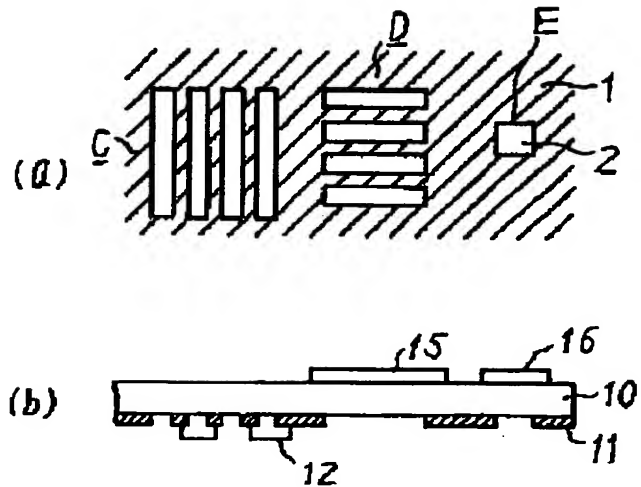
APPLICATION DATE : 26-02-92
APPLICATION NUMBER : 04073121

APPLICANT : NIKON CORP;

INVENTOR : SHIBUYA MASATO;

INT.CL. : G03F 1/08 G03F 7/20 H01L 21/027

TITLE : PHOTOMASK AND EXPOSING
METHOD



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a high-contrast image by controlling a polarization state.

CONSTITUTION: Line-and-space (L/S) patterns arranged in the longitudinal direction of the plane of Fig. are formed in a region C and L/S patterns arranged in the vertical direction of the plane of Fig. are formed in a region D and phase shift films are provided in alternately every other space parts (transparent parts). E is an isolated pattern of a square shape. A polarizing film 15 corresponding to a half-wave plate is provided in the L/S pattern part of the region D and a polarizing film 16 corresponding to a quarter-wavelength plate is provided in the part E. The mask is illuminated with linearly polarized light vibrating in the direction parallel with the side of the L/S patterns in the region C, by which the pattern image is stepped onto a wafer.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-241324

(43) 公開日 平成5年(1993)9月21日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7369-2H		
7/20	5 2 1	7818-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 0 1 P
		7352-4M		3 1 1 L
審査請求 未請求 請求項の数5(全10頁)				

(21) 出願番号 特願平4-73121

(22) 出願日 平成4年(1992)2月26日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 渋谷 真人

東京都品川区西大井一丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

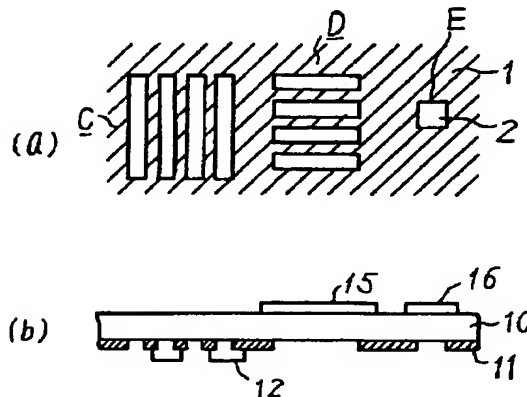
(74) 代理人 弁理士 佐藤 正年 (外1名)

(54) 【発明の名称】 フォトマスク及び露光方法

(57) 【要約】

【目的】 偏光状態を制御して高いコントラストの像を得る。

【構成】 領域Cには紙面横方向に配列されたラインアンドスペース (L/S) パターンが、領域Dには紙面縦方向に配列されたL/Sパターンが形成されており、一つおきのスペース部分 (透明部) には位相シフト膜が設けられている。又、Eは正方形の孤立パターンである。領域DのL/Sパターン部分には1/2波長板に相当する偏光膜15が設けられ、Eの部分には1/4波長板に相当する偏光膜16が設けられている。領域CのL/Sパターンの辺と平行な方向に振動する直線偏光でマスクを照明し、ウエハ上にパターン像を投影露光する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、前記透明基板の光透過部には、透過光の位相を変化させる位相シフト部材が所定の箇所に設けられと共に、前記パターンの配列方向に応じて所定の偏光状態の光のみを透過させる偏光部材が少なくとも一部に設けられたことを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】 前記偏光部材は前記パターンの辺の長手方向と平行な方向に電気ベクトルが振動する光のみを透過させるものであることを特徴とする請求項1のフォトマスク。

【請求項3】 前記光透過部の前記偏光部材が設けられていない部分に、透過光量を制御するための光量制御部材が設けられたことを特徴とする請求項1又は2のフォトマスク。

【請求項4】 前記パターンは一定の方向に配列された第1部分と、該第1部分とは配列方向の異なる第2部分を含み、前記偏光部材は少なくとも前記第2部分に設けられていることを特徴とする請求項1又は2のフォトマスク。

【請求項5】 透明基板上に所定のパターンが形成されたフォトマスクに露光光を照明し、前記フォトマスクの透明部を透過する光によって、前記パターンを基板上に投影露光する露光方法において、前記フォトマスクとして、前記透過光の位相を変化させる位相シフト部材が前記透明部の特定の箇所に設けられると共に、前記パターンの配列方向に応じた所定の偏光状態の光に変換する偏光部材が前記透明部の少なくとも一部に設けられたフォトマスクを用い、該フォトマスクに所定の偏光状態の露光光を照明して、前記フォトマスクのパターンを前記基板上に投影露光することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体素子製造のリソグラフィ工程において、被投影原版として用いられるフォトマスク（レチクルとも言う）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子製造のリソグラフィ工程において、被投影原版として用いられるフォトマスクは、一般的には、透明基板上にクロム等の金属からなる遮光パターンが形成された構造をなしており、フォトマスクを透過照明し、投影光学系によって遮光パターンの像をウエハ面上に結像することにより、所望の回路パターンをウエハ面に転写していた。

【0003】 また、最近では、投影像のコントラストを高めるために、透明部の特定の箇所に透過光の位相を変化させる位相シフト部を設けた位相シフトマスクが種々提案されている。例えば、特公昭62-50811号公

報には、空間周波数変調型の位相シフトマスクに関する技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記のような従来の技術においては、近年の半導体素子の高集積化に伴う回路パターンの微細化に対応できないという問題点がある。即ち、従来から汎用されている基板裸面部（透明部）と遮光部とだけからなるフォトマスクでは、光の振幅の情報をを用いてパターン像の投影転写を行っており、近年開発された位相シフトマスクでは、光の振幅の情報に光の位相の情報を加えることによってパターン像のコントラストを高めているが、これらの手法には自ら結像性能に限界があり、微細パターンについて満足すべき高コントラストの像が得られていない。

【0005】 この発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、光の位相に加えて更に偏光状態を制御することで、高解像性・高コントラストの結像性能を実現できるフォトマスクを提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 請求項1のフォトマスクは、投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、上記課題を達成するために、前記透明基板の透明部には、透過光の位相を変化させる位相シフト部材が所定の箇所に設けられと共に、前記パターンの配列方向に応じて所定の偏光状態の光のみを透過させる偏光部材が少なくとも一部に設けられたものである。

【0007】 請求項2のフォトマスクにおける前記偏光部材は前記パターンの辺の長手方向と平行な方向に電気ベクトルが振動する光のみを透過させるものである。請求項3のフォトマスクにおいては、前記透明部の前記偏光部材が設けられていない部分に、透過光量を制御するための光量制御部材が設けられている。請求項4のフォトマスクにおいては、前記パターンは一定の方向に配列された第1部分と、該第1部分とは配列方向の異なる第2部分を含み、前記偏光部材は少なくとも前記第2部分に設けられている。

【0008】 請求項5の露光方法は、透明基板上に所定のパターンが形成されたフォトマスクに露光光を照明し、前記フォトマスクの透明部を透過する光によって、前記パターンを投影光学系を介して基板上に投影露光する露光方法において、上記の課題を達成するために、前記フォトマスクとして、前記透過光の位相を変化させる位相シフト部材が前記透明部の特定の箇所に設けられると共に、前記パターンの配列方向に応じた所定の偏光状態の光に変換する偏光部材が前記透明部の少なくとも一部に設けられたフォトマスクを用い、該フォトマスクに所定の偏光状態の露光光を照明して前記フォトマスクのパターンを前記基板上に投影露光するものである。

【0009】

【作用】本発明の作用を図2及び図3を参照して説明する。図2に示される一般的な露光装置では、照明光学系24からの光でフォトマスク21が照明されると、フォトマスク21上のパターンに応じて回折光が発生する。これらの回折光（図では0次回折光と±1次回折光を示す）は、投影光学系22により再度、像面23上に集められ、これによりウエハ面上にフォトマスク21のパターン像が転写される。

【0010】次に、像面23付近の回折光の様子を模式的に示したものが図3(a)、(b)である。図3(a)は、TE (transverse electric) 偏光と呼ばれる状態であり、電気ベクトルの振動方向が入射面（紙面内面）に垂直な光である。一方、図3(b)はTM (transverse magnetic) 偏光と呼ばれる状態であり、磁気ベクトルの振動方向が入射面に垂直、即ち、電気ベクトルの振動方向が入射面内にある。偏光部材を設けない従来のフォトマスクでは、図3(a)のTE偏光と図3(b)のTM偏光の平均状態が観測されるが、フォトレジスト等の感光材料の光化学反応は電磁波である光の電場の作用によって進行するので、リソグラフィ工程においては電気ベクトルの振動方向が問題となる。

【0011】図3(a)と図3(b)を比較すると解るように、TE偏光の場合は、0次、±1次…の各回折光の電気ベクトルの振動方向が全て紙面に垂直な方向にそろっ*

$$\phi_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ik(0x+0y+1z)} \dots\dots\dots \text{式1}$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ik(\alpha x+0y+\gamma z)} \dots\dots\dots \text{式2}$$

$$\phi_{-1} = \frac{1}{\pi} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ik(-\alpha x+0y+\gamma z)} \dots\dots\dots \text{式3}$$

【0015】0次回折光及び±1次回折光の波動 ϕ_0 、 $\phi_{\pm 1}$ を合成した波動場 Ψ_{TE} は式4となり、強度分布 $I_{TE}(x, z) = |\Psi|^2$ は、式5となる。

*ており、回折光同志の干渉効果が最大となって、高コントラストの像となる。TM偏光の場合は、次数の異なる回折光の電気ベクトルの振動方向は各回折光の進行方向のなす角に応じた分だけずれることになり、回折光同志の干渉効果が低減して、像のコントラストを落とす方向に作用する。

【0012】一般的な説明は以上の通りであるが、更に解りやすいように、具体例としてフォトマスク21に紙面垂直方向に伸長するラインアンドスペースパターン（遮光部と透明部が交互に同じ幅で繰り返されるパターン）が設けられており、フォトマスク21からの回折光のうち0次回折光と±1次回折光によりパターン像が形成される場合を考える。この場合、0次回折光の振幅は $1/2$ 、±1次回折光の振幅は $1/\pi$ である。

【0013】図3に示してある様に、x（紙面左右方向）、y（紙面垂直方向）、z（紙面上下方向）座標軸を設定し、0次回折光の方向余弦を(0, 0, 1)、±1次回折光の方向余弦を(±α, 0, γ)として、0次回折光、±1次回折光の波動（ベクトル量）を ϕ_0 、 $\phi_{\pm 1}$ とすると、TE偏光の場合の各回折光の波動は式1～3で表わされる。式中kは定数(=2π/λ)である。

【0014】

【数1】

【0016】

【数2】

(4)

特開平5-241324

$$\Psi_{TE} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \left(\frac{1}{2} e^{ikz} + \frac{1}{\pi} e^{ik\gamma z} (e^{ik\alpha x} + e^{-ik\alpha x}) \right) \quad \dots\dots\dots \text{式 4}$$

$$I_{TE}(x, z) = \frac{1}{4} + \frac{2}{\pi} \cos(k\alpha x) \cdot \cos\{k(1-\gamma)z\} + \frac{4}{\pi^2} \cos^2(k\alpha x) \quad \dots\dots\dots \text{式 5}$$

【0017】一方、TM偏光の場合の各回折光の波動は * 【0018】
式6~8で表わされる。 * 【数3】

$$\phi_0 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} e^{ikz} \quad \dots\dots\dots \text{式 6}$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \begin{bmatrix} \gamma \\ 0 \\ -\alpha \end{bmatrix} e^{ik(\alpha x + 0y + \gamma z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 7}$$

$$\phi_{-1} = \frac{1}{\pi} \begin{bmatrix} \gamma \\ 0 \\ \alpha \end{bmatrix} e^{ik(-\alpha x + 0y + \gamma z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 8}$$

【0019】0次回折光及び±1次回折光の波動 ϕ_0 ， ※ 【0020】

$\phi_{\pm 1}$ を合成した波動場 Ψ_{TM} は、式9となり、強度分布 30 【数4】

$I_{TM}(x, z) = |\Psi|^2$ は、式10となる。 ※

$$\Psi_{TM} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} e^{ikz} + \frac{1}{\pi} \gamma e^{ik\gamma z} (e^{ik\alpha x} + e^{-ik\alpha x}) \\ 0 \\ -\frac{1}{\pi} \alpha e^{ik\gamma z} (e^{ik\alpha x} - e^{-ik\alpha x}) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots \text{式 9}$$

$$I_{TM}(x, z) = \frac{1}{4} + \frac{2}{\pi} \gamma \cos(k\alpha x) \cdot \cos\{k(1-\gamma)z\} + \frac{4}{\pi^2} \left\{ \alpha^2 + (\gamma^2 - \alpha^2) \cos^2(k\alpha x) \right\} \quad \dots\dots\dots \text{式 10}$$

【0021】ここで、像の評価指標としてログ・スロープは、幾何学的な明暗の境界における強度Iの対数をとつ
ブ(log slope)値を考える。このログ・スロープ値と 50 たときの微分値であり、即ち $\partial \log I / \partial x$ の値であ

る。そして、この値が大きい方が、いわゆる高コントラストの像であることを示している。式5と式10より、各々TE偏光、TM偏光のときのログ・スロープ値を計算できる。簡単のため、ベスト・フォーカス面にて考えるものとして、 $Z=0$ として計算すると、TE偏光のときのログ・スロープ値 $L S_{TE}$ は式11、TM偏光のとき*

$$L S_{TE} = \frac{4\lambda}{a} \dots\dots\dots \text{式11}$$

$$L S_{TM} = \frac{4\lambda}{a} \cdot \frac{\sqrt{1-a^2}}{1+16a^2/\pi^2} \dots\dots\dots \text{式12}$$

【0023】式12のうち、 $4\lambda/a$ に掛かっている項を考えると、分子は1より小さく、分母は1より大きいので、全体として式12の値は、式11の値より小さいことが理解される。このことは、TE偏光での結像の方が、TM偏光での結像よりも高いログ・スロープ内を有していることを示している。又、 a は回折角に対応するので、回折角の大きい微細パターン程、TE偏光の優位性は大きくなる。

【0024】更に、非偏光状態は、TE偏光とTM偏光の平均状態であるから、TE偏光による結像は、当然、非偏光による結像より、高いログ・スロープ値を有している、いわゆる高コントラストな像を達成することになる。即ち、フォトマスクの透明部に偏光部材を設けて、非偏光状態の（TE偏光とTM偏光の平均状態）露光光をTE偏光状態に変換して、TE偏光だけで結像させることにより、微細パターン像のコントラストを高めることが可能となる。そして、位相シフトパターンと偏光部材を組み合わせることで、位相シフトパターンの干渉効果が高まり、高解像度、高コントラストの像が実現される。

【0025】さてここで、集積回路の製造に用いられるマスクは、パターンの配列方向が一定方向にそろっている部分が多く、部分的に配列方向の異なるパターンや孤立パターンが存在することが多い。このような場合には、配列方向がそろっている部分（第1部分）のパターンの長手方向と平行な方向に電気ベクトルが振動する光でマスクを照明し、マスクの配列方向の異なる部分（第2部分）の透明部に偏光部材を設けてその部分を透過する光の偏光状態を変えれば良い。このようにすれば、投影領域全体で高解像度、高コントラストの像が得られ、かつ、マスク側の偏光部材の種類や偏光部材を形成する面積を少なくできるので、マスクの製造も容易である。

【0026】

【実施例】図1(a)、(b)は、本発明第1実施例によるフォトマスクの構成を示す平面図及び断面図である。図において、石英等からなる透明基板10の下面には、クロム等からなる遮光膜11が所定のピッチで設け

*のログ・スロープ値は $L S_{TE}$ は式12となる。又非偏光のときのログ・スロープ値は、TE偏光とTM偏光の平均状態である。

【0022】

【数5】

られている。本実施例における遮光膜11は、紙面と垂直な方向に充分長く（紙面内方向のピッチ比べて）形成されており、透明部2と遮光部1が交互に繰り返されるいわゆるラインアンドスペースパターンを構成している。そして、一つおきの透明部には、透過光の位相を $\lambda/2$ 変化させる位相シフト膜12が設けられている。また、透明基板11の上面には、遮光膜11の辺と平行な方向（即ち、紙面に対して垂直な方向）に電気ベクトルの振動面を有する光だけを透過させる偏光膜13が、ラインアンドスペースパターン全体を覆うように設けられている。この遮光膜13は、図1の例では、透明基板11の上側に付してあるが、下側（遮光パターン形成面側）に付けることも可能である。

【0027】次に、図1のフォトマスクを図2で説明した露光装置に用いた場合の結像について説明する。まず、フォトマスク21が照明光学系24からの露光光で透過照明されると、紙面垂直方向に伸長するラインアンドスペースパターンによって露光光が回折されて紙面内方向に回折光が広がる。この際、図1のフォトマスク21の透明基板上面には紙面垂直方向に電気ベクトルが振動する光だけを透過させる偏光膜13が設けられているので、フォトマスク21からはTE偏光の回折光だけが射出される。フォトマスク21からの回折光は、投影光学系22で再度集められ、結像面23に図1のラインアンドスペースパターンの像が結像されて、結像面23に水平に保持されたウエハ（図示せず）面に回路パターンが転写される。

【0028】本実施例では、電気ベクトルがパターンの辺に平行な方向に振動する光だけで結像されるので、作用の項で説明したように、回折光同志の干渉効果が高まる。位相シフト膜12の被着部と非被着部では透過光の位相が $\lambda/2$ だけ異なるため、隣接する透明部から遮光部1に回り込んだり光は相殺され、結像面23には遮光膜11に対応する位置に鮮明な暗線が形成される。また、パターンピッチが小さくなる程1次以上の回折光の回折角が大きくなるため、従来のように、非偏光状態（TE偏光+TM偏光）の光で結像される場合は、TM偏光

の振動方向のずれが大きくなる分だけ像のコントラストが低下することになるが、本実施例のようにTE偏光だけで結像される場合は、回折角が変わっても電気ベクトルの振動方向は変わらないので、高いコントラストが維持される。即ち、図1のような構造のフォトマスクを用いることにより、ラインアンドスペースパターンのピッチが非常に小さくなくても高コントラストの像を得ることができ、微細パターン程、従来のフォトマスクに対する優位性が明確になる。

【0029】次に、図4(a)、(b)は本発明の第2実施例によるフォトマスクの平面図及び断面図である。この例はいわゆるエッジ強調型といわれるもので、孤立線を結像する際のサイドロープを低減させる効果がある。図において、遮光部1のエッジ部には透明部2とは別の狭い透明部2aが設けられており、この透明部2aには透過光の位相を $\lambda/2$ 変化させる位相シフト膜12が設けられている。又、透明基板10の上面には遮光膜11の辺と平行な方向に電気ベクトルの振動面を有する光だけを透過させる偏光膜13が遮光部1間を覆うように設けられている。このようなフォトマスクでは、透明部2から遮光部1のエッジ部に回り込む光がエッジ部に設けられた狭い透明部2aからの光と干渉して相殺されるため、エッジの鮮明なパターン像が得られる。この例においても、単に位相シフト膜を設けるだけでなく、偏光方向をそろえることでパターンのコントラストを高めることができる。

【0030】次に図5(a)は本発明の第3実施例によるフォトマスクの平面図であり、図5(b)は対応する従来例の平面図である。図において、第1部分Aには、遮光部1と透明部2が交互に繰り返される図1と同様なラインアンドパターンが紙面横方向に配列されている。一方、第2部分Bには、紙面縦方向に配列されたラインアンドパターンが形成されている。そして、遮光部1を介して隣り合う透明部2からの光の位相差が $\lambda/2$ となるように、透明部2には一つおきに位相シフト膜(図示せず)が設けられている。

【0031】ここで、図5(b)の従来例では、第1部分Aの透明部2からの光と第2部分Bの透明部2からの光とが干渉してパターン像に歪みが生じることを避けるために、第1部分Aと第2部分Bとで位相を変える必要があった。即ち、図に示されるように、第1部分Aの透明部2の位相を0、 π 、0、 π …とすると、第2部分Bの透明部の位相は $3\pi/2$ 、 $\pi/2$ 、 $3\pi/2$ 、 $\pi/2$ …としなくてはならず、4種類の位相シフト膜が必要となり、マスクの製造が非常に困難となる。

【0032】これに対し、本発明実施例の図5(a)では第1及び第2部分A、Bには、夫々パターンの辺と平行な方向に振動する光のみを透過させる偏光膜(図示せず)が設けられており、第1部分からの透過光と第2部分からの透過光は互いに干渉しない。従って、第1部分

Aと第2部分Bで透過光の位相を変える必要はなく(両部分とも透明部2の位相は0、 π 、0、 π …とすれば良い)、位相シフト膜は2種類ですむ。

【0033】次に、図6(a)、(b)を参照して孤立パターンを含む場合の例(第4実施例)について説明する。一つのマスクには、図5に示したようなラインアンドスペースパターンばかりではなく、孤立した円形や正方形のパターンが含まれることがある。ラインアンドスペースパターンでは、上述したようにパターンの辺と平行な方向に振動する直線偏光によって結像することが望ましいが、円形や正方形等の等方的なパターンについては、対称性の良いランダム偏光(非偏光状態)又は円偏光で結像する方が良い。

【0034】しかし、例えば照明光としてランダム偏光を用い、ラインアンドスペースパターン部分についてだけ偏光膜を設けて振動方向をそろえる場合、特定の偏光方状態の光だけを透過させるラインアンドスペースパターン部分では光量が減少してしまう。そのため、孤立パターン部分では相対的に光量が増加することになり、2つの異なるパターン部分で最適露光時間が異なることになってしまうという不都合を生じる。このような不都合を避けるためには、偏光状態を制御しない部分の透過率を低減することが望ましい。図6はこの例を示すのもである。

【0035】図6(a)において、透明基板10の右側の領域には図1と同様なラインアンドスペースパターン(遮光膜11、位相シフト膜12)が形成されており、この部分にはパターンの辺と平行な方向に振動する直線偏光だけを透過させる偏光膜13が設けられている。又、図中透明基板10の左側の領域には等方的な孤立パターンが形成され、この部分の透明部には濃度フィルター14が設けられている。この濃度フィルター14によって孤立パターン部分の透過率を調節することで、ラインアンドスペースパターン部分と孤立パターン部分の光量を合わせることができる。

【0036】又、図6(b)は、濃度フィルターを用いずに孤立パターン部分の透過率を調節する例を示している。この例では、孤立パターンの透明部に投影レンズの解像限界を越える微細なパターン17が形成されており、透過光を散乱させて光量を低減している。透過光量は微細パターン17の大きさ、配列ピッチ、数を制御することで調整される。図6(b)の微細パターン17は、遮光膜で形成されていても良いし、位相シフト膜で形成されていても良い。

【0037】さて次に、図8は本発明第5実施例による露光方法で使用する露光装置の概略構成を示す斜視図であり、本実施例では照明光学系中に偏光板36を設けている。図において、水銀ランプ等の光源31より放射された照明光は楕円鏡32、ミラー33、集光レンズ34、オプティカルインテグレーター35を介して、偏光板

36に入射する。この偏光板36は支持具37により支持され、かつ、光軸A、あるいは、それと平行な軸を中心として回転可能となっている。この回転は支持具37上に設けられたモーター（不図示）等により行なう。従って偏光板36を透過する照明光束は、この偏光板36の回転方向に応じた偏光方向（直線偏光）の光束となる。

【0038】偏光板36を通過した光束は、コンデンサーレンズ38、40、ミラー39に導かれてフォトマスク（レチクル）41上の（下面の）パターンを照明する。フォトマスク41からの透過、回折光は投影光学系43により集光、結像され、ウエハ14にマスクパターン12の像を結ぶ。この際、図8中のミラー39が照明光の振動方向に対して垂直又は平行となる位置からずれると、直線偏光が楕円偏光に変換されることになるので、この点に留意する必要がある。尚、偏光板36は、集光レンズ34とオブティカルインテグレータ35の間、またはコンデンサーレンズ38とフォトマスクとの間に配置しても良い。

【0039】ここで、本実施例におけるマスクパターンの平面図及び断面図を図7に示す。図において、Cの領域（第1部分）のパターンは図1で説明したと同様な1次元のラインアンドスペースパターンであり、配列方向は紙面横方向（図7（a）参照）となっている。図にはマスクパターンの一部しか示されていないが、本実施例のマスクの多くの領域がこのC領域のパターンと配列方向が一致している。また、図中Dの領域（第2部分）のパターンは、Cの領域とは配列方向が異なる部分であり、紙面縦方向に並ぶラインアンドスペースパターンとなっている。C、Dの領域のパターンの一つおきのスペース部分（透明部）には、位相シフト膜12が設けられている。また、図中Eは正方形の孤立パターンであり、領域DとEの部分には、それぞれ異なる偏光膜（後述）が設けられている。

【0040】さて、本実施例では、図8の露光装置の偏光板36によって照明光の偏光方向をマスク41のCのパターンの長手方向と平行に揃えている。これにより、前述した図1の実施例と同様な原理で、マスクの多くの部分を占めるCの部分の微細なラインアンドスペースパターン像のコントラストを向上させることができる。この際、領域Dの部分では、照明光がパターンの辺と直行する方向に振動することになるが、本実施例では、領域Dの部分に1/2波長板に相当する偏光膜15を設けることによって、領域Dの透過光の振動方向を90度変化させている。これにより、領域Dのパターンについてもパターンの辺と平行な方向に振動する直線偏光によって結像されることになり、コントラストの高い像が得られる。また、方向性のないEの部分では、1/4波長板に相当する偏光膜16を設けることで、直線偏光である照明光を円偏光に変換している。

【0041】以上のようにして、本実施例では、マスクパターン全体について良好な結像性を実現している。本実施例では、マスクパターン中の最も多い配列方向に合わせて、照明光自体を直線偏光とし、マスク側では配列方向の異なる部分、方向性のない部分にのみ偏光膜を設けるようにしたので、マスクの製造も容易である。また、ランダム偏光を照明して、各領域ごとに設けた偏光膜で特定方向に振動する光のみを透過させる場合、偏光膜は照明光を吸収することになるが、本実施例は偏光膜の吸熱による結像への影響を避けるという点でも有利である。

【0042】なお、図8においては、光源31は水銀ランプとしたが、他のランプやレーザー光源であっても良い。特に光源が直線偏光または円偏光を射出するレーザーである場合は、露光装置側の偏光手段（偏光板36）として1/2波長板や1/4波長板を用いることができる。

【0043】次に、図9（a）は光源としてレーザーを用いる場合の偏光手段の例を示す説明図である。図において、直線偏光（偏光方向は紙面上下方向）である入射光L₀（光源からの光束）は、1/2波長板36aに入射する。このとき1/2波長板36aの基準軸方向（図中2点鎖線）と、入射光L₀の偏光方向がθだけ傾いているものとする。この結果、射出光L₁の偏光方向は、入射光L₀の偏光方向に対して2θだけ傾いたものとなる。従って、保持具37により1/2波長板36aを照明光に垂直な面内で回転することにより、射出光L₁の偏光方向を任意の方向に設定することができる。

【0044】なお、1/2波長板36aの基準軸は、図9（b）に示される如く、基準軸（2点鎖線）に平行な偏光方向の透過光に対しては、 $l_1 = m_1 \lambda + \alpha$ の光路長差を与え、垂直な偏光方向の透過光に対しては、 $l_2 = m_2 \lambda + \alpha + \lambda/2$ の光路長を与える軸とした。但し、 m_1, m_2 は整数である。

【0045】光源から放射される光が直線偏光でなく円偏光である場合は、1/2波長板の代わりに1/4波長板を使うことにより、図9で説明したと同様にして射出光の偏光方向を制御することができる。この場合、射出される光束は、1/4波長板の回転位置方向に応じた直線偏光となる。

【0046】上記のように、光源として直線偏光または円偏光を射出するレーザーを用い、偏光手段として1/2波長板や1/4波長板を用いれば、光源からの光量を損失することなく偏光方向を最適な方向に変換してマスクに導くことができる。これに対し、光源としてランプを用いた場合（非偏光状態の光が光源から放射される場合）、偏光膜通過後の光量は原理的に半分になってしまうので、この点に留意する必要がある。

【0047】なお、偏光手段として1/4波長板、1/2波長板を使用する場合、入射光束は平行光束に近いこ

13

とが望ましい。従って、 $1/4$ 波長板、 $1/2$ 波長板は図8中のオプティカルインテグレーター35射出後でなく、例えばリレーレンズ34より光源（レーザ光源）側に設定することが好ましい。この配置は、水銀ランプ等の光源を用いる場合に対して適用してもかまわない。また、本実施例で用いたフォトマスクでは配列方向のそろっているCの部分（第1部分）には偏光膜を設けなかったが、照明光の偏光状態を制御した上で、更に第1部分にも偏光膜を設けてもよいことは言うまでもない。

【0048】

【発明の効果】以上のように本発明のフォトマスクでは、位相シフト部材によって特定部分の透過光の位相を変化させると共に、更に偏光膜を設けて透過光の偏光状態をパターンの辺と平行な方向に合わせているので、非常にコントラストの高い像を得ることができる。また、本発明の露光方法では、配列方向のそろっている部分のパターンに合わせて照明光の偏光状態を制御し、マスクパターンの配列方向の異なる部分に偏光膜を設けるので、製造容易なマスクを用いて、パターン全体で良好な結像性を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)は本発明第1実施例によるフォトマスクの平面図及び断面図である。

【図2】一般的な露光装置の概略構成図である。

14

【図3】(a)、(b)は本発明の作用を説明するための概念図である。

【図4】(a)、(b)は本発明第2実施例によるフォトマスクの平面図及び断面図である。

【図5】(a)は本発明第3実施例によるフォトマスクの平面図であり、(b)は従来によるフォトマスクの平面図である。

【図6】(a)、(b)は本発明第4実施例によるフォトマスクの平面図及び断面図である。

10 【図7】(a)、(b)は本発明第5実施例によるフォトマスクの平面図及び断面図である。

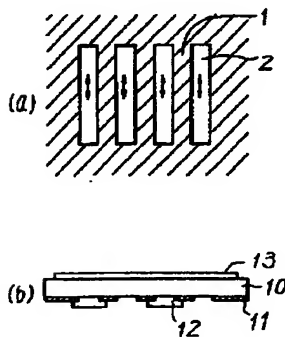
【図8】本発明第5実施例で用いる露光装置の要部の構成を示す斜視図である。

【図9】(a)、(b)は露光装置の偏光手段について説明するための概念図である。

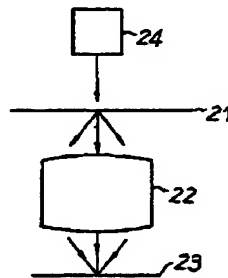
【符号の説明】

1…遮光部、2…透明部、10…透明基板、12…位相シフト部、13、15、16…偏光膜、14…濃度フィルター、31…光源、32…楕円鏡、33、39…ミラー、34…集光レンズ、35…オプティカルインテグレーター、36…偏光板、36a… $1/2$ 波長板、37…支持具、38、40…コンデンサーレンズ、41…フォトマスク、43…投影光学系、44…ウエハ

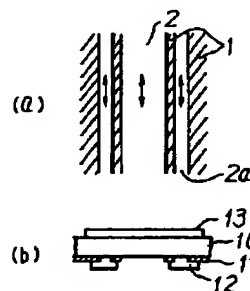
【図1】



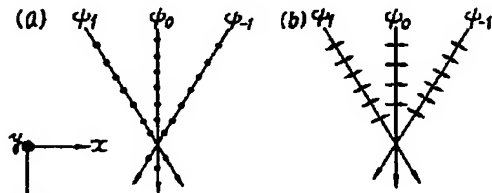
【図2】



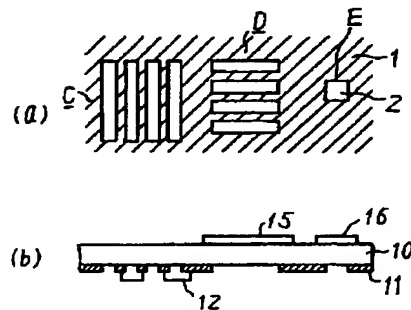
【図4】



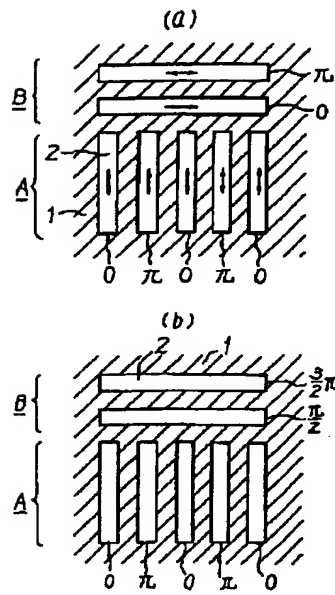
【図3】



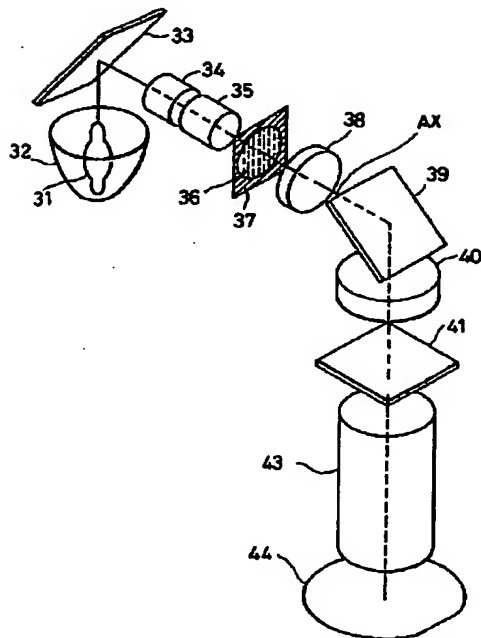
【図7】



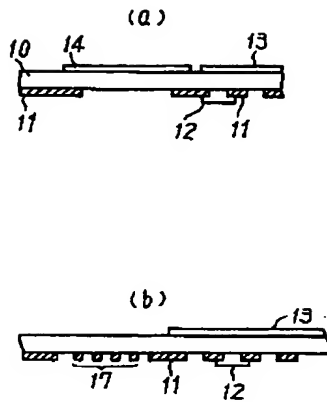
【図5】



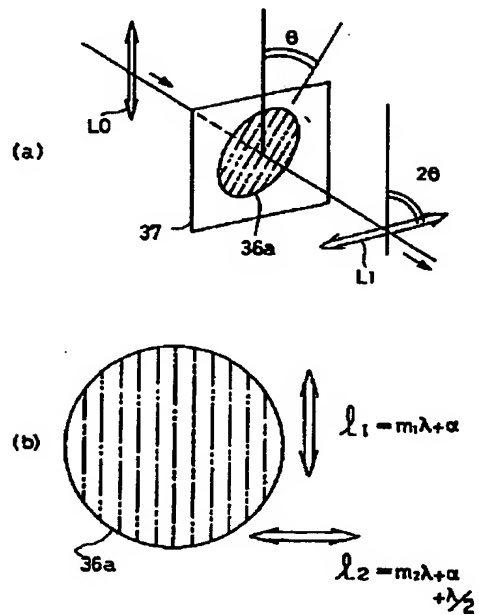
【図8】



【図6】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成4年9月11日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】また、投影像のコントラストを高めるため、例えば、特公昭62-50811号公報には、フォトマスクの透明部の特定の箇所に透過光の位相を変化させる位相シフト部を設けた位相シフトマスクに関する技術が開示されている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1のフォトマスクは、投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、上記目的を達成するために、前記透明基板の透明部には、透過光の位相を変化させる位相シフト部材が所定の箇所に設けられると共に、前記パターンの配列方向に応じて所定の偏光状態の光のみを透過させる偏光部材が少なくとも一部に設けられたものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】次に、像面23付近の回折光の様子を模式的に示したものが図3(a)、(b)である。図3(a)は、

TE (transverse electric) 偏光と呼ばれる状態であり、電気ベクトルの振動方向が入射面(紙面内面)に垂直な光である。一方、図3(b)は、TM (transverse magnetic) 偏光と呼ばれる状態であり、磁気ベクトルの振動方向が入射面に垂直、即ち、電気ベクトルの振動方向が入射面内にある。偏光部材を設けない従来のフォトマスクでは、図3(a)のTE偏光と図3(b)のTM偏光の平均状態が観測されるが、フォトレジスト等の感光材料の光化学反応は電磁波である光の電場の作用によって進行するので、リソグラフィ工程においては、電気ベクトルの振動方向が問題となる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】さて、本実施例では、図8の露光装置の偏光板36によって照明光の偏光方向をマスク41のCのパターンの長手方向と平行に揃えている。これにより、前述した図1の実施例と同様な原理で、マスクの多くの部分を占めるCの部分の微細なラインアンドスペースパターン像のコントラストを向上させることができる。この際、領域Dの部分では、照明光がパターンの辺と直交する方向に振動することになるが、本実施例では、領域Dの部分に1/2波長板に相当する偏光膜15を設けることによって、領域Dの透過光の振動方向を90度変化させている。これにより、領域Dのパターンについてもパターンの辺と平行な方向に振動する直線偏光によって結像されることになり、コントラストの高い像が得られる。また、方向性のないEの部分では、1/4波長板に相当する偏光膜16を設けることで、直線偏光である照明光を円偏光に変換している。